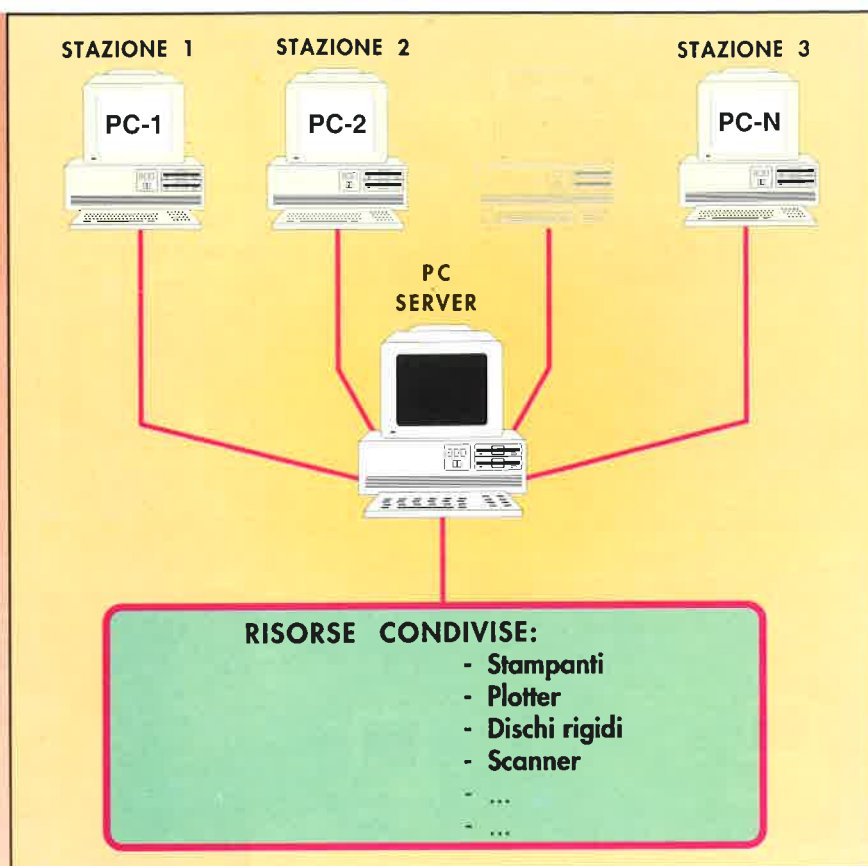
Rete Ethernet

Attualmente i centri operativi sono dotati di molte postazioni di lavoro, equipaggiate con calcolatori che sono in comunicazione continua e permanente tra di loro tramite connessioni di diverso tipo.

L'insieme dei calcolatori, delle periferiche e di altri dispositivi collegati tra di loro viene chiamato rete locale; una delle più comuni è la rete Ethernet.

Il numero di elementi che possono appartenere ad una rete Ethernet va da due a diverse decine, e ciascun elemento costituisce un nodo della rete.

Normalmente queste reti vengono utilizzate in ambienti molto grandi, quali centri direzionali, grandi complessi, centri di calcolo, facilitando in questo modo il flusso delle informazioni tra i diversi posti di lavoro ma mantenendo ogni stazione operativamente indipendente dalle altre.

Il numero degli elementi che formano una rete Ethernet può variare da due a diverse decine, e ciascuno di essi rappresenta un nodo della rete

L'utilizzo delle reti locali è molto diffuso negli ambienti di lavoro in cui è richiesta la possibilità di comunicare tra diversi PC

Caratteristiche di una rete Ethernet

Le reti Ethernet hanno molte qualità, che per la maggior parte sono simili a quelle di altri tipi di reti locali.

- *Comunicazioni veloci*

Si possono raggiungere velocità di trasmissione superiori al milione di bit per secondo, grazie all'impiego di mezzi di comunicazione dedicati, quali possono essere i cavi.

- *Processo distribuito*

In una rete Ethernet ogni stazione può operare in modo indipendente, con le applicazioni proprie di ciascuna postazione, oppure condividere il lavoro con altri nodi della rete distribuendo i compiti tra le varie stazioni, con la possibilità di aumentare il loro numero senza diminuire le capacità operative.

Il software è costituito da un sistema operativo che controlla l'uso coordinato e sincronizzato della rete

- *Interscambio di applicazioni e dati*

Si possono eseguire trasferimenti di file tra i diversi nodi della rete locale, e contemporaneamente eseguire le proprie applicazioni senza che ciò provochi alcun ritardo funzionale.

- *Sfruttamento delle risorse*

In una rete Ethernet le diverse periferiche, come i modem, le stampanti, i plotter, i dischi rigidi utilizzati per la memorizzazione dei dati e, in generale, tutte le periferiche più convenzionali vengono condivise ed utilizzate da tutti gli elementi della rete; queste periferiche sono normalmente installate in una zona comune e vengono utilizzate dagli operatori delle diverse stazioni quando è necessario, riducendo in questo modo il numero dei dispositivi ed evitando la duplicazione degli stessi nelle diverse postazioni di lavoro.

Struttura tipica di una rete Ethernet

Una rete Ethernet è composta da una serie di elementi indispensabili per il suo funzionamento che possono essere suddivisi in due categorie:
- *software*,
- *hardware*.

La parte software è costituita da un sistema operativo che controlla l'uso coordinato e sincronizzato della rete, gestendo le diverse operazioni e priorità, mentre la parte hardware è formata da una serie di dispositivi che permettono la comunicazione fisica tra i diversi nodi della rete. Questi dispositivi sono:
- *i PC* appartenenti alla rete, che rappresentano ciascuna postazione di lavoro;
- *un elaboratore centrale* che ha il compito di gestire la rete e le diverse periferiche, controllando il traffico, la sicurezza e la condivisione dei dati memorizzati: questo elaboratore viene comunemente chiamato *server;*
- *le schede Ethernet* che devono essere inserite in ogni calcolatore appartenente alla rete, compreso il server. Ogni scheda Ethernet è dotata di caratteristiche particolari, in funzione delle applicazioni cui è destinata la stazione.
- *i cavi di collegamento* tra le diverse schede di comunicazione dei calcolatori. Il tipo di cavo viene definito in base al tipo di connettore di uscita

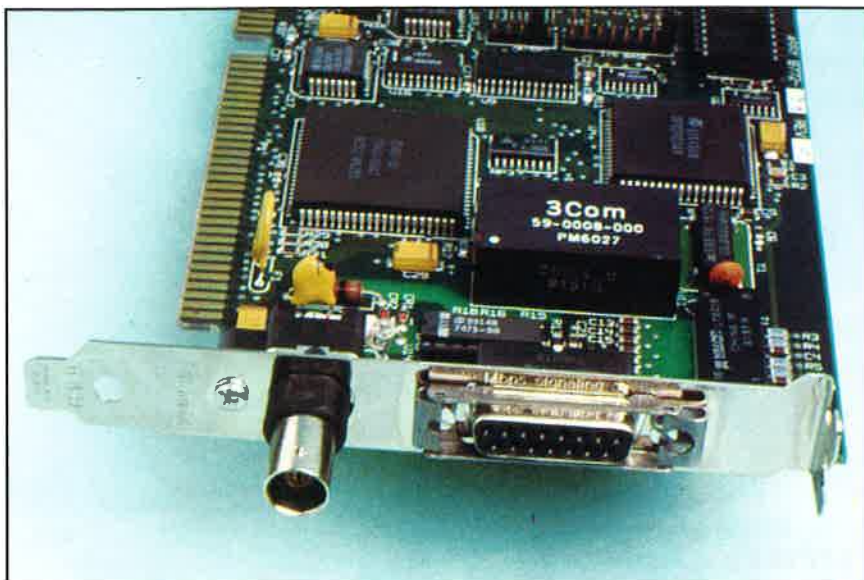
di cui è dotata la scheda. Uno dei connettori più diffusi è costituito dalla presa coassiale BNC.

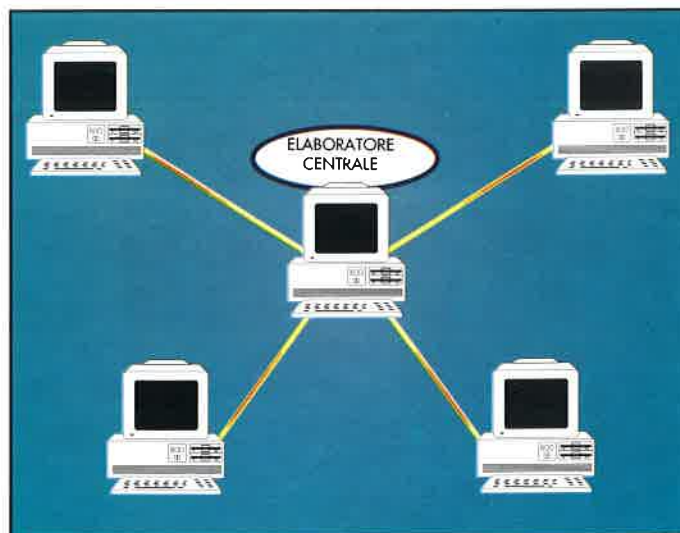
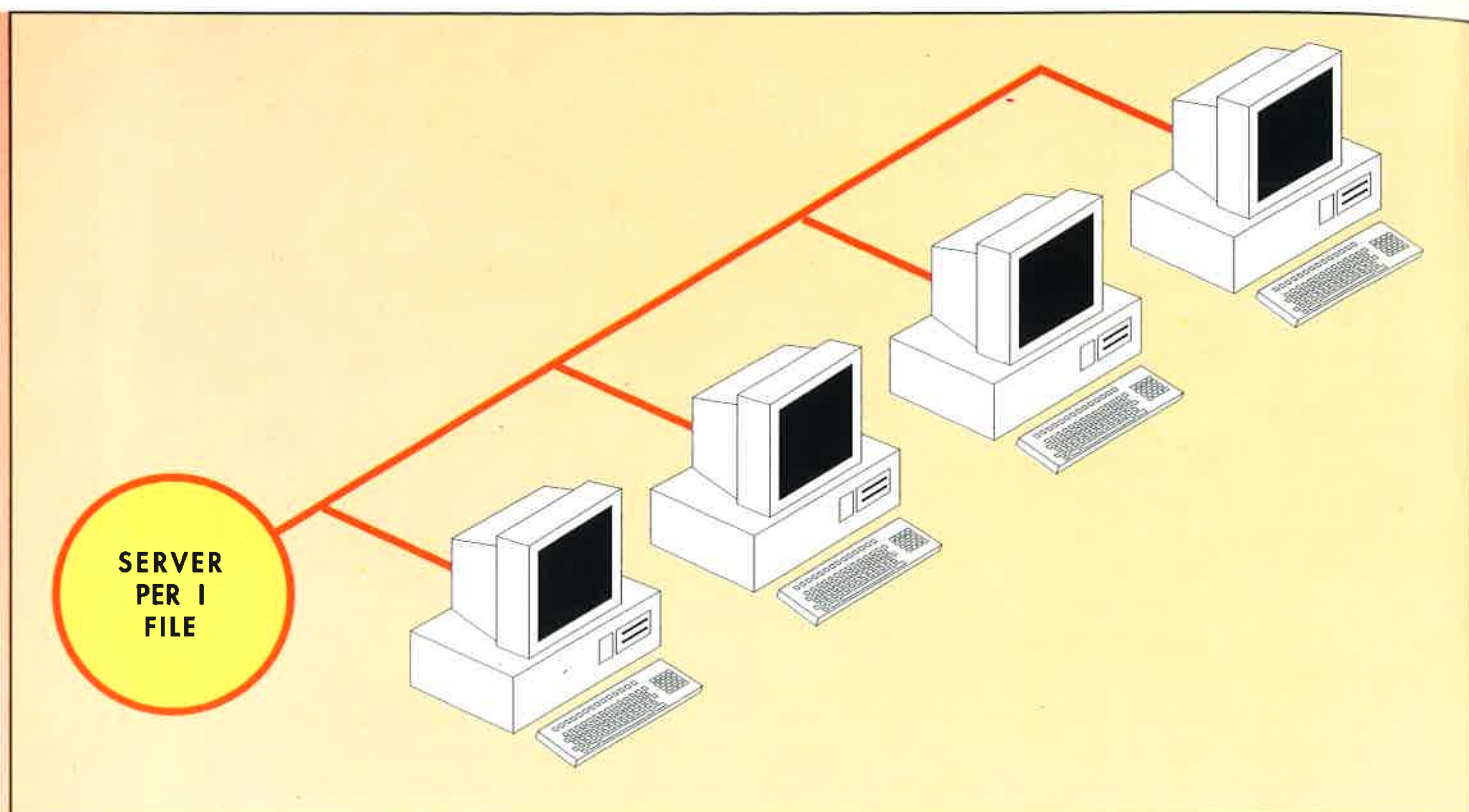
Le uscite di una scheda Ethernet sono normalmente costituite da un connettore BNC o da un connettore tipo D

TOPOLOGIA DELLA RETE ETHERNET

La topologia di questa rete è determinata dal sistema fisico con il quale viene realizzato il collegamento tra i diversi calcolatori che compongono la rete locale.
La scelta di una classe topologica o di un'altra è molto importante, poiché a questa è legata il tipo di rete e il protocollo di comunicazione che si deve utilizzare; generalmente però la scelta viene realizzata sulla rete stessa, che automaticamente determina anche la topologia più idonea.
La topologia più utilizzata in combinazione con la rete Ethernet è la *topologia a bus*, che agisce come una linea di comunicazione multipunto nella quale ciascun punto corrisponde a un nodo.
Questa topologia è però consigliata per reti che non superano i venti nodi, poiché un numero maggiore di stazioni potrebbe provocare dei rallentamenti operativi molto fastidiosi; questa condizione è determinata dal fatto che più aumentano le postazioni di lavoro collegate alla rete, più diminuisce il tempo medio di condivisione della stessa per ogni singola stazione, per cui quando vengono trasmessi messaggi molto lunghi le stazioni che non partecipano alla comunicazione hanno l'accesso alla rete impedito. Questa situazione non è ovviamente gradita, soprattutto da chi abbia la necessità di operare in tempo reale. In questo caso è opportuno valutare la convenienza di una topologia ad anello oppure a stella.

IL COLLEGAMENTO DELLA RETE

Il collegamento tra i diversi dispositivi che compongono la rete Ethernet viene realizzato mediante dei cavi. Il loro costo è inferiore a quello del software e dell'hardware di rete, anche se a volte questo costo comprende anche la loro posa in opera, che potrebbe richiedere lavori di muratura o di altro tipo. Ciò presuppone che nella scelta del tipo di cavo da utilizzare per realizzare l'installazione bisogna considerare anche la sua durata (tempo di vita), in quanto è perlomeno illogico pensare di rieseguire la loro posa in opera a metà del tempo di vita di una rete locale a causa del loro deterioramento.
I cavi più idonei e sicuri per eseguire i collegamenti richiesti dalle reti locali sono i seguenti:
- *cavo coassiale,*
- *fibra ottica.*

Il **cavo coassiale** è quello maggiormente utilizzato nelle reti Ethernet attualmente installate, ed è composto da un cavo conduttore avvolto da una calza metallica che agisce da massa o potenziale

In una rete con topologia a stella i diversi nodi sono collegati all'elaboratore centrale

Le reti con topologia a bus operano come linee di comunicazione multipunto, nelle quali ciascun punto corrisponde ad un nodo; questa è la configurazione più comune per le reti Ethernet

zero. Il conduttore e la maglia sono elettricamente isolati tra di loro per mezzo di un materiale dielettrico di un certo spessore e l'insieme, costituito dal conduttore, dal dielettrico e dalla calza, è ricoperto da una guaina in materiale plastico che serve per proteggerlo dall'ambiente esterno (topi, umidità, usura). Con il cavo coassiale si può raggiungere una velocità di trasmissione superiore ai 350 Mbps, che rappresenta un valore notevolmente più elevato di quello ottenibile con un doppino telefonico.

Il cavo coassiale è disponibile in diversi modelli, in funzione della sezione del conduttore; i cavi di grossa sezione vengono utilizzati per trasmettere segnali a distanze elevate, poiché presentano una minore attenuazione, mentre quelli di sezione più piccola vengono impiegati per collegamenti brevi e quando la loro posa richiede una certa flessibilità.

La fibra ottica comincia ad imporsi, e rappresenta il mezzo di trasmissione più moderno e tecnologicamente avanzato

Il cavo coassiale viene utilizzato per effettuare due tipi di trasmissione:

- *in banda base:* con la quale la trasmissione avviene inviando impulsi digitali su di un canale unico, condividendo l'occupazione del mezzo fisico tramite multiplazione dei segnali a divisione di frequenza;
- *in banda larga:* con questo sistema si possono trasmettere diverse comunicazioni contemporaneamente sulla larghezza di banda permessa dal cavo coassiale: supporta diversi canali di trasmissione a frequenze distinte, e utilizza tecniche di multiplazione nel dominio della frequenza.

La fibra ottica inizia solo ora ad imporsi, e rappresenta il mezzo più moderno e tecnologicamente avanzato.

Con **la fibra ottica** si soddisfano perfettamente le esigenze di larghezza di banda e velocità di trasmissione delle reti locali.

Inoltre, con questo tipo di cavo si eliminano i problemi dovuti all'attenuazione causata dalla distanza di trasmissione e alla distorsione, per cui risulta ottimale per raggiungere velocità di trasmissione dati molto elevate, in applicazioni con un grande densità di comunicazioni e quando si richiede una forte indipendenza da possibili interferenze e rumore indesiderati.

Il cavo in fibra ottica è composto da una sottilissima fibra realizzata con due diversi cristalli, uno per il nucleo più interno (*core*) e l'altro per lo strato più esterno (*cladding*).

Il cavo coassiale è molto utilizzato nelle reti Ethernet

Questi cristalli hanno un diverso indice di rifrazione, per cui il fascio di luce che entra attraverso il nucleo da un estremo del cavo viene riflesso dallo strato esterno rimanendo imprigionato nel core. La fibra ottica è protetta esternamente da una guaina isolante che serve per proteggere l'integrità della sua struttura. L'impegno economico richiesto per l'utilizzo di questo cavo non è dovuto solo al suo valore intrinseco, ma soprattutto a tutta la serie di accessori necessari per la sua installazione (connettori, deviatori a T, ecc. che hanno un costo decisamente elevato).

LA RETE ETHERNET ATTUALE

Le reti Ethernet sono quelle maggiormente utilizzate, pur avendo più di quindici anni di vita, grazie al buon rapporto prezzo/qualità e all'ottimo supporto che forniscono. Questo tipo di rete utilizza quasi sempre la topologia a bus, indipendentemente dal tipo di cavo utilizzato per il collegamento (doppino telefonico, cavo coassiale o fibra ottica), anche se il più comune è quello coassiale. Il suo funzionamento si basa sul principio di ascoltare prima di trasmettere, e i dati vengono inviati solamente quando la linea è libera per cui, se due stazioni trasmettono contemporaneamente, si verifica una collisione; questo significa che entrambe le stazioni riproveranno a trasmettere in modo aleatorio, senza sapere esattamente quando possono effettivamente collegarsi. Alcune prove di laboratorio hanno consentito di stabilire che in questo tipo di rete, a pieno regime, le stazioni di lavoro possono utilizzare il novanta per cento di tutte le risorse condivise. Una delle limitazioni è dovuta al fatto che supporta solamente un determinato numero di nodi, e che la lunghezza del blocco dei dati che si devono trasmettere deve essere almeno di 64 Kbyte, in modo da poter rilevare le eventuali collisioni che si generano quando più stazioni trasmettono contemporaneamente. La distanza massima ammessa tra due stazioni è di circa 500 metri, per cui per distanze superiori è necessario utilizzare dei ripetitori e degli amplificatori di segnale.

La distanza massima consentita tra due stazioni è di circa 500 metri

LA SCHEDA ETHERNET

In commercio esistono diversi tipi di schede Ethernet installabili nei calcolatori appartenenti alla rete, che si differenziano tra di loro in funzione dell'applicazione a cui sono destinate e delle caratteristiche interne. Per applicazioni particolari le più conosciute sono la *scheda Ethernet speciale*, in grado di garantire le funzioni richieste al computer server presente nella rete, e la *scheda Ethernet intelligente*.

La rete è indispensabile in ambienti di lavoro con molti calcolatori

In una rete ad anello i diversi nodi sono collegati con un ciclo chiuso

Le caratteristiche variano invece:
- in funzione del sistema di configurazione, che permette di scegliere tra configurazione software e configurazione hardware;
- in base al numero di bit con il quale avviene lo scambio dei dati con il PC, che possono essere otto o sedici;
- in funzione della capacità del buffer nel quale i dati vengono temporaneamente memorizzati;
- per la presenza o no di uno zoccolo per l'installazione di una memoria PROM autoavviante.

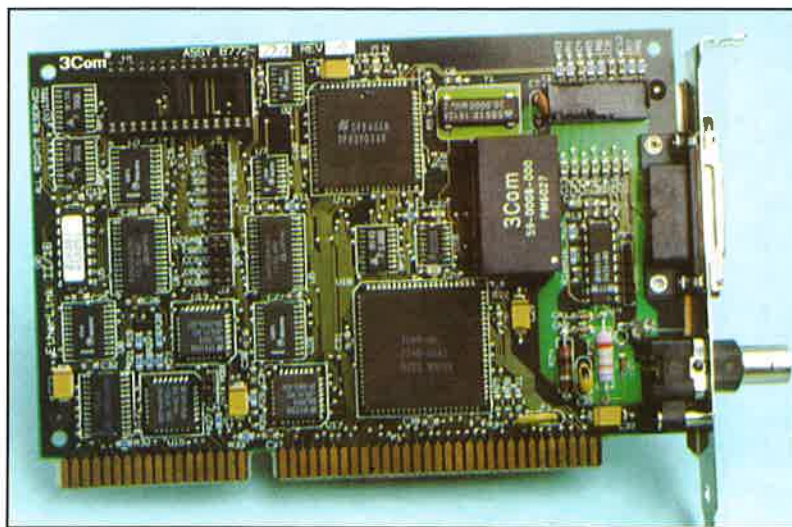
Con le schede Ethernet si possono raggiungere velocità di trasmissione di 10 milioni di bit per secondo (10 Mbps).

La velocità di trasmissione non dipende esclusivamente dalla scheda, ma anche da altri elementi: l'accesso alla memoria di massa utilizzata per la memorizzazione dei dati (hard disk, dischi ottici, ecc.), il software di controllo, la velocità del computer, ecc.

In questo tipo di schede è molto importante la capacità del buffer di memoria, poiché maggiore è la memoria disponibile per il buffer e più viene facilitata la comunicazione dei dati con il bus del PC, evitando in questo modo la perdita di alcuni blocchi.

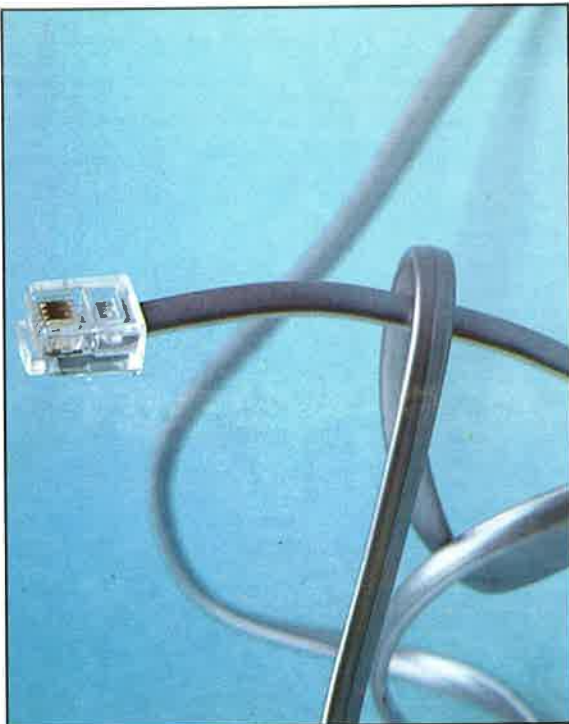
La capacità di questi buffer di memoria varia normalmente tra gli 8 e i 16 Kbyte, anche se attualmente vengono prodotte schede con buffer di capacità superiori.

La scheda Ethernet è una delle più utilizzate per la realizzazione delle reti locali

Con le schede Ethernet si può raggiungere una velocità di trasmissione pari a 10 milioni di bit per secondo (10 Mbps)

Alcuni tipi di schede Ethernet sono dotate di un microprocessore interno che libera da alcune operazioni (ad esempio la comunicazione tra la scheda e il PC) il processore del calcolatore e semplifica le operazioni di implementazione della comunicazione per la rete. Queste schede dotate di microprocessore vengono normalmente installate nell'elaboratore che agisce come server, per sveltire le comunicazioni e semplificare al microprocessore centrale la gestione degli altri dispositivi della rete.

Quando si acquista una scheda Ethernet viene fornito anche un software applicativo che si divide in tre parti fondamentali:

- *informativa:* costituita da alcuni file di testo contenenti informazioni sul software che accompagna la scheda;
- *gestionale:* che rappresenta la parte principale del programma e consente di variare la dimensione fisica del buffer. In commercio sono disponibili diversi software gestionali, tra i quali i più conosciuti sono:
  - *NETWARE 286 e 386,*
  - *Lan Manager,*
  - *3Com 3+,*
  - *Decnet,*
  - *TCP/IP.*

Per i collegamenti delle reti locali viene utilizzato anche il cavo intrecciato

Generalmente le schede vengono fornite con un loro software specifico, anche se la tendenza attuale è quella di costruire schede che supportino software diversi.

- *diagnostica:* che comprende alcuni programmi utilizzati durante la prima installazione, necessari per verificare la funzionalità della scheda prima del caricamento del sistema operativo, al fine di evitare eventuali problemi successivi. Con questo software diagnostico è possibile stabilire se ci sono dei difetti di comunicazione e se questi sono causati dall'hardware o dal software, semplificando in questo modo il processo di installazione di ciascun nodo della rete.

Si possono trovare in commercio schede da 8 e da 16 bit, e la loro scelta dipende dall'applicazione cui la scheda è destinata

Schede Ethernet ad 8 e 16 bit

In funzione delle loro caratteristiche, esistono diversi tipi di schede Ethernet. Uno dei parametri più importanti è costituito dal numero di bit con i quali la scheda scambia le informazioni relative ai dati con il computer.

In commercio esistono schede ad 8 e a 16 bit, e l'utilizzo di una o dell'altra è funzione dell'applicazione cui sono destinate.

Nel server di rete è consigliabile utilizzare una scheda Ethernet a 16 bit, poiché questo PC avrà la maggior richiesta di comunicazioni; infatti, poiché il server gestisce in pratica tutta la rete, il traffico tra la sua scheda e quella degli altri PC risulterà molto intenso, per cui i 16 bit permettono di snellire molto la ricerca dei dati. Ovviamente si presuppone che anche l'elaboratore indicato come server sia uno dei più potenti della rete.

Installazione della scheda nel PC

Prima di installare la scheda Ethernet nel PC bisogna configurarla per le funzioni cui è destinata in accordo con le indicazioni fornite nel manuale allegato.

Generalmente la scheda viene fornita con una configurazione standard impostata dal costruttore, che definisce:

- *la velocità,* normalmente di 4 Mbps;
- *la EPROM di caricamento remoto;*
- *gli indirizzi di ingresso e di uscita;*
- *il canale DMA,* generalmente il 5.

Il livello di interrupt deve essere impostato in funzione del tipo di PC; se si tratta di un AT il livello

In una particolare rete ad anello viene utilizzato il testimone o token

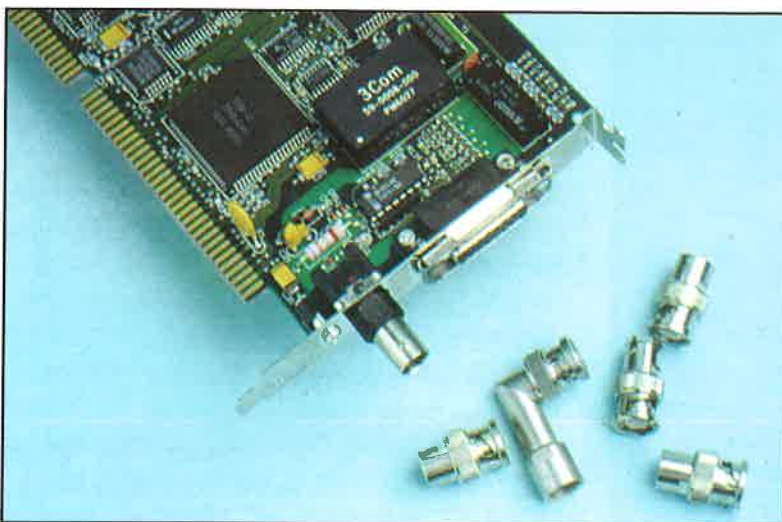
di interrupt è il 9. Se si desidera un altro tipo di configurazione è necessario impostare correttamente alcuni ponticelli o jumper, in accordo con le specifiche fornite sul manuale utente della scheda.

Dopo aver configurato la scheda bisogna inserirla in uno slot libero del PC, con tutte le precauzioni necessarie per la sua manipolazione, in modo da non provocare incidenti irreparabili a causa della carica elettrostatica accumulata sulle dita che potrebbe danneggiare i componenti di tipo CMOS.

Terminata l'installazione della scheda nel PC è necessario installare il relativo software.

Per fare ciò bisogna verificare di avere dello spazio libero sul disco rigido e una sufficiente quantità di memoria RAM da configurare come buffer temporaneo.

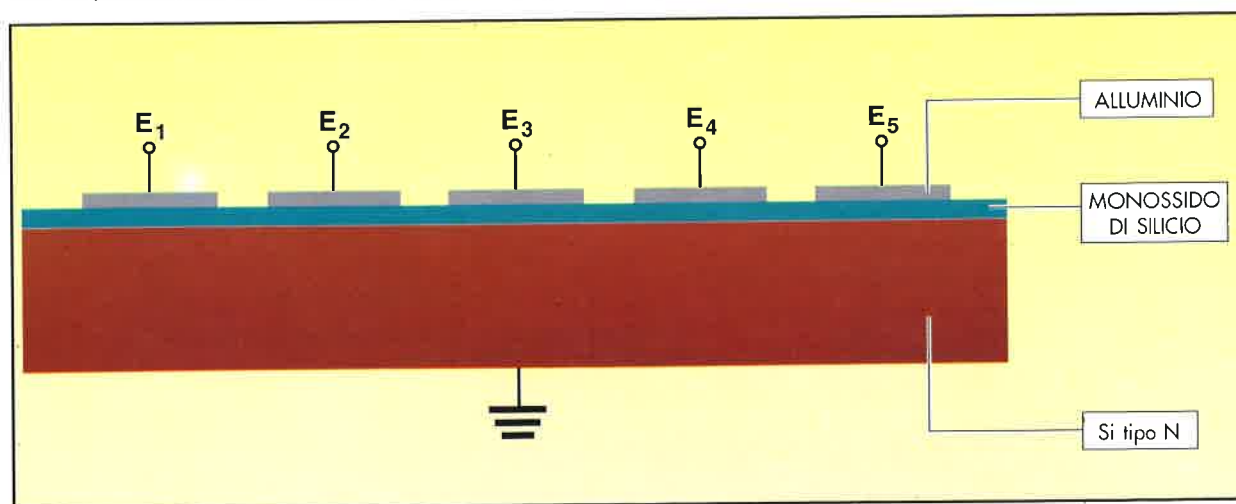
Infine, prima di procedere con le prove di trasmissione reali, è consigliabile eseguire il programma di diagnostica per verificare il corretto funzionamento sia della scheda stessa che dei collegamenti con il resto della rete.

Connettori tipici abbinati al cavo coassiale impiegato in una rete Ethernet

Il livello di interrupt deve essere impostato in funzione del tipo di PC; se il PC è un AT il livello di interrupt è il 9

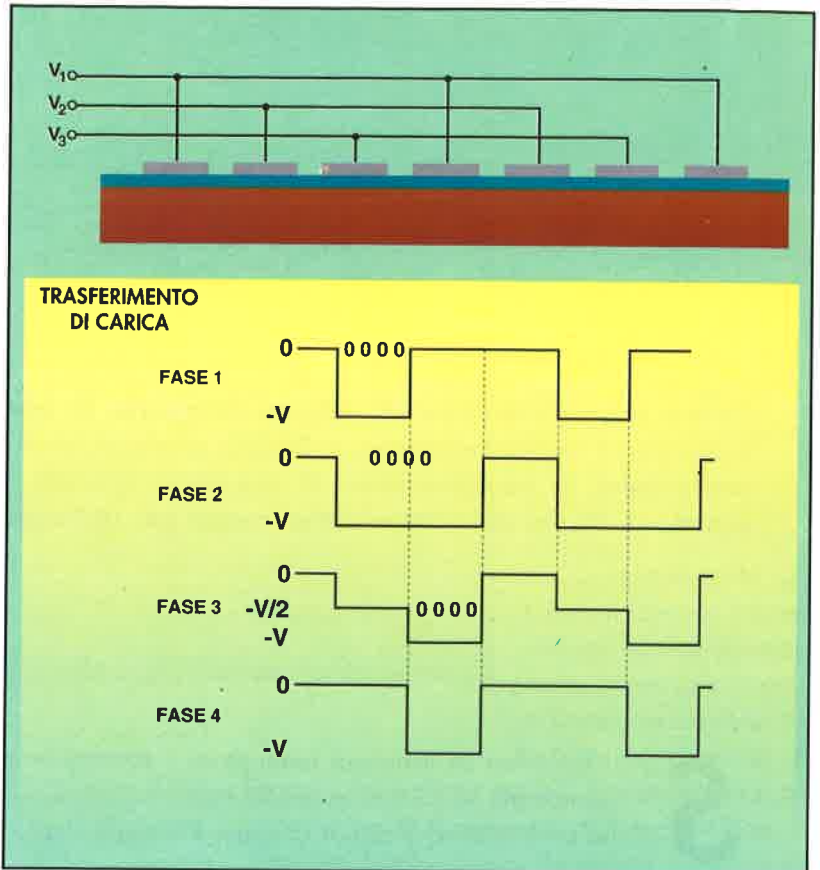
STRUTTURA DELLE MEMORIE

Finora sono state descritte alcune categorie di memorie costruite in tecnologia bipolare, a multiemettitore, e CMOS; esistono però altre tecniche costruttive che consentono la realizzazione di memorie speciali. In questo capitolo verranno esaminati alcuni dei sistemi attualmente più utilizzati.

Si consideri un transistor costruito in tecnologia MOS, con un canale molto profondo ed elettrodi di drain e source molto vicini tra di loro; questa configurazione può essere utilizzata come registro a scorrimento. Ogni elettrodo forma con il substrato un condensatore MOS in grado di immagazzinare una carica.
Con riferimento alla figura corrispondente, si supponga di applicare una certa tensione al primo elettrodo E_1; se si elimina questa tensione, e contemporaneamente la si applica all'elettrodo successivo, la carica passa dal primo al secondo degli elettrodi. Ripetendo il procedimento, la carica viene trasferita di condensatore in condensatore fino all'ultimo elettrodo E_5, che agisce come terminale di uscita. Questo funzionamento identifica un dispositivo chiamato *ad accoppiamento di carica* o *CCD* che, utilizzato nel campo della memorizzazione dei dati, consente la costruzione di memorie con grande capacità di immagazzinamento.

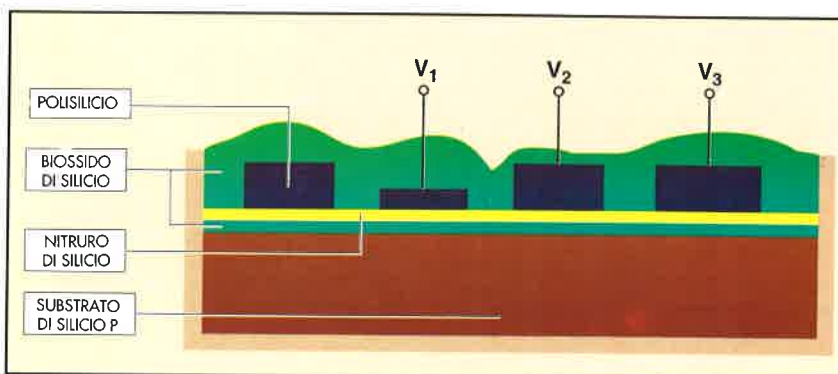
Struttura fondamentale di un dispositivo ad accoppiamento di carica o CCD

STRUTTURA DEL CCD

Per comprendere meglio il funzionamento di un CCD viene preso in esame un esempio pratico. Si supponga di partire da un substrato di silicio di tipo N ricoperto da un sottile strato di ossido, sul quale vengono formati per evaporazione degli elettrodi metallici molto vicini tra di loro. Di seguito viene analizzato il modo in cui la carica si sposta da sinistra verso destra per tutta la lunghezza del dispositivo.

Applicando a V_1 un potenziale negativo e collegando V_2 e V_3 a massa, si formano delle sacche di energia potenziale al di sotto delle armature collegate a V_1. Trascorso un determinato periodo di tempo la tensione di V_2 diventa negativa, mentre V_1 e V_3 mantengono il valore di potenziale che avevano in precedenza. La carica immagazzinata risulta in questo caso ripartita tra i due elettrodi adiacenti, a causa della diffusione delle lacune dalla sacca originale a quella nuova che si è creata. Un istante dopo, la tensione di V_1 viene portata alla metà del suo valore, mentre V_2 e V_3 mantengono la condizione precedente. La deformazione del campo elettrico, generata dalla differenza di potenziale che si è venuta a creare tra V_1 e V_2, sposta le lacune verso la sacca maggiore, in questo caso quella relativa all'armatura collegata a V_2. Nell'ultimo intervallo di tempo V_1 viene collegato a massa, V_2 mantiene il suo potenziale negativo e V_3 rimane a potenziale 0. Come risultato di questo cambio sequenziale di tensioni, la carica immagazzinata inizialmente si è spostata di un elettrodo verso destra.

Trasferimento di carica in un dispositivo CCD a tre fasi

Il trasferimento descritto rappresenta il movimento da un elettrodo verso il successivo del registro a scorrimento in tecnologia CCD. Bisogna tener presente che, poiché sono richieste tre diverse tensioni, sono necessari anche tre diversi clock ognuno dei quali con una fase differente.

Evidentemente in ogni ciclo di lavoro relativo ad un determinato periodo avvengono tre diversi spostamenti, uno per ciascuna sacca; durante lo spostamento da una sacca a quella successiva però, la tensione di clock rimane costante e la forma d'onda del suo potenziale inalterata.

Esistono diverse tecniche per la costruzione dei dispositivi ad accoppiamento di carica, che permettono di evitare alcuni inconvenienti tipici di questi componenti

CARATTERISTICHE DEL CCD

Se la sacca di energia potenziale presente sotto ogni terminale viene considerata come addensamento di cariche corrispondenti al livello alto di una informazione bina-ria, è possibile applicare questa tecnica ai circuiti digitali. Quando questa carica, o bit, occupa uno dei tre elettrodi, in base a quanto esaminato in precedenza non è possibile memorizzare nessun'altra informazione nei due elettrodi successivi. Detto in altro modo, una cella di memoria CCD è composta da tre elettrodi, e in essa si può memorizzare un solo bit; si può quindi affermare che in questo tipo di celle gli elettrodi per bit sono tre.

Dispositivo ad accoppiamento di carica a due fasi

L'informazione viene letta sull'elettrodo di uscita, rilevando in un determinato istante il valore della carica presente sullo stesso. Ovviamente un livello logico 1 corrisponde alla presenza di una carica, mentre un livello logico 0 corrisponde all'assenza della stessa in quel determinato istante. Poiché per trasferire un bit sono necessari tre spostamenti successivi, dall'elettrodo di "scrittura" a quello di "lettura", ogni ciclo deve comprendere le tre fasi di traslazione dell'informazione. La fase di memorizzazione deve perciò avvenire all'inizio del ciclo, mentre la fase di lettura può avvenire solo al termine dello stesso.

I dispositivi ad accoppiamento di carica sono unipolari poiché le cariche sono di un solo segno.

Costruzione di un CCD a due fasi a canale N

Il dispositivo descritto in precedenza è a canale P, poiché le cariche sono formate da lacune presenti nel substrato di silicio di tipo N. Se si considera un dispositivo a canale N, questo viene eccitato con tensioni positive anziché negative, per cui le forme d'onda risultano invertite.

Il processo di memorizzazione dell'informazione avviene in questo modo: applicando all'elettrodo di scrittura una tensione negativa maggiore in modulo rispetto a quella applicata agli altri elettrodi, i portatori negativi N presenti nel canale adiacente allo strato isolante vengono allontanati, mentre quelli positivi P presenti nel substrato vengono attirati; in questo modo si forma la sacca di carica definita in precedenza sotto l'elettrodo di scrittura che determina la memorizzazione dell'1 logico.

Il funzionamento dei CCD in regime permanente non è possibile, poiché si verificherebbe una variazione di potenziale sui diversi elettrodi che li compongono. Infatti, come già capita nei condensatori, la carica immagazzinata nelle sacche di energia potenziale tende con il tempo a disperdersi, e ciò potrebbe provocare la variazione dello stato logico memorizzato. Questo fenomeno fissa il limite inferiore della frequenza di clock a cui possono lavorare questi dispositivi tra 50 kHz e 1 MHz.

D'altra parte i CCD a riposo non dissipano alcuna potenza,

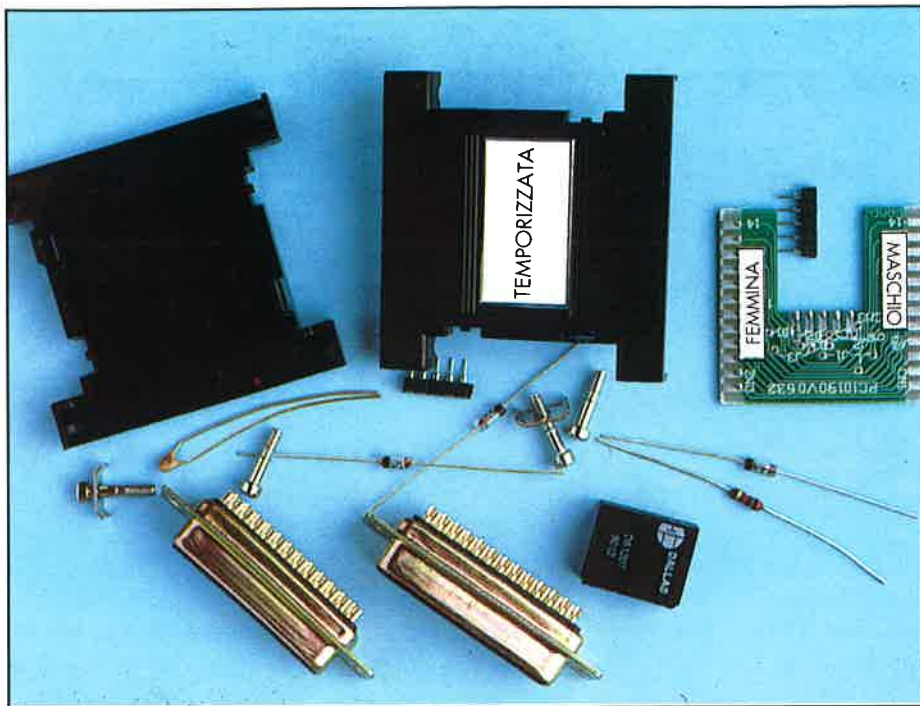
Trasferimento di carica in un CCD a quattro canali

poiché l'unico assorbimento è provocato dalla carica dei condensatori di scrittura; il limite superiore della frequenza di clock a cui possono lavorare queste celle, compreso tra 1 MHz e 10 MHz, viene perciò determinato dalla massima potenza dissipabile dalle stesse, che corrisponde al massimo numero ammissibile di operazioni di scrittura nell'unità di tempo.
Inoltre, un aumento della frequenza riduce l'efficacia del trasferimento della carica da un elettrodo a quello successivo, per cui la frequenza superiore deve essere limitata ad un valore per il quale le perdite di trasferimento risultino minime.

Tipi di CCD

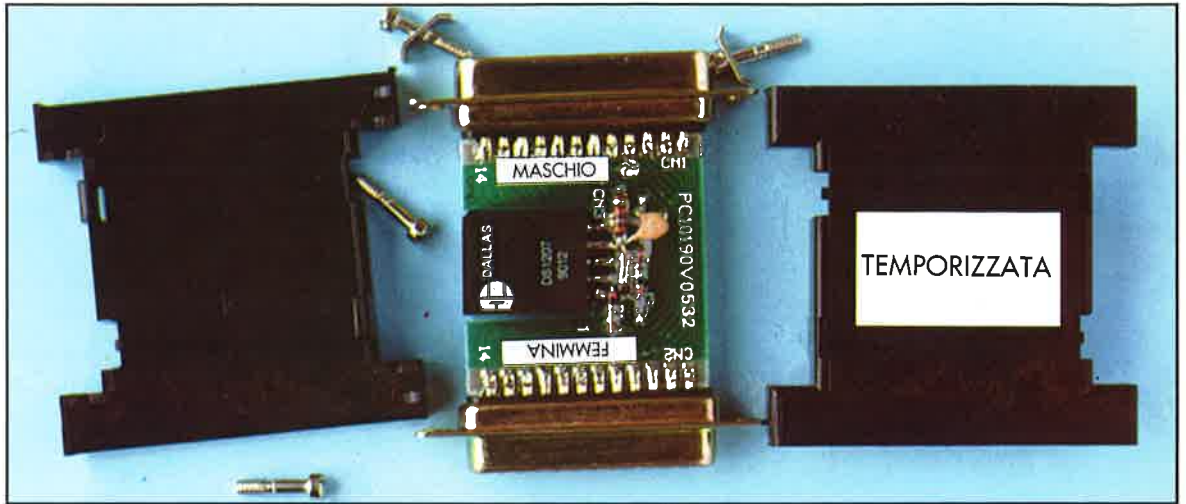
In base a quanto descritto finora i dispositivi ad accoppiamento di carica non possono essere costruiti con componenti discreti, poiché richiedono un solo canale continuo per stabilire l'accoppiamento tra le sacche di energia che si formano sotto gli elettrodi.
Come già detto in precedenza, per ottenere questo accoppiamento gli elettrodi devono essere disposti ad una distanza molto breve; questa condizione provoca delle difficoltà nei processi di fabbricazione dovuti a difetti di mascheratura, ad imperfezioni del processo di fotoemulsione, a particelle di polvere, ecc. Per evitare, o perlomeno cercare di minimizzare questi problemi, sono stati sviluppati alcuni metodi costruttivi che prevedono l'utilizzo di elettrodi metallici, sacche in silicio policristallino, processi di impiantazione ionica oppure tecniche miste.
Ciò ha portato alla creazione di diversi tipi di CCD, che si differenziano sia per i processi costruttivi che per il numero di fasi necessarie per il loro funzionamento.
Si possono perciò distinguere:
- *le memorie CCD a due fasi,*
- *le memorie CCD a tre fasi,*
- *le memorie CCD a quattro fasi.*

Ovviamente queste diversità influiscono notevolmente anche sugli aspetti funzionali, per cui la scelta di un dispositivo piuttosto che un altro dipende dall'applicazione a cui è destinato. Nel prossimo capitolo verranno descritte le applicazioni che interessano più da vicino gli elaboratori, vale a dire le *memorie ad accesso sequenziale.*

La struttura di un dispositivo a quattro canali prevede la presenza di quattro elettrodi, sui quali vengono applicati i diversi potenziali necessari per il suo funzionamento

Controllo per la chiave di protezione

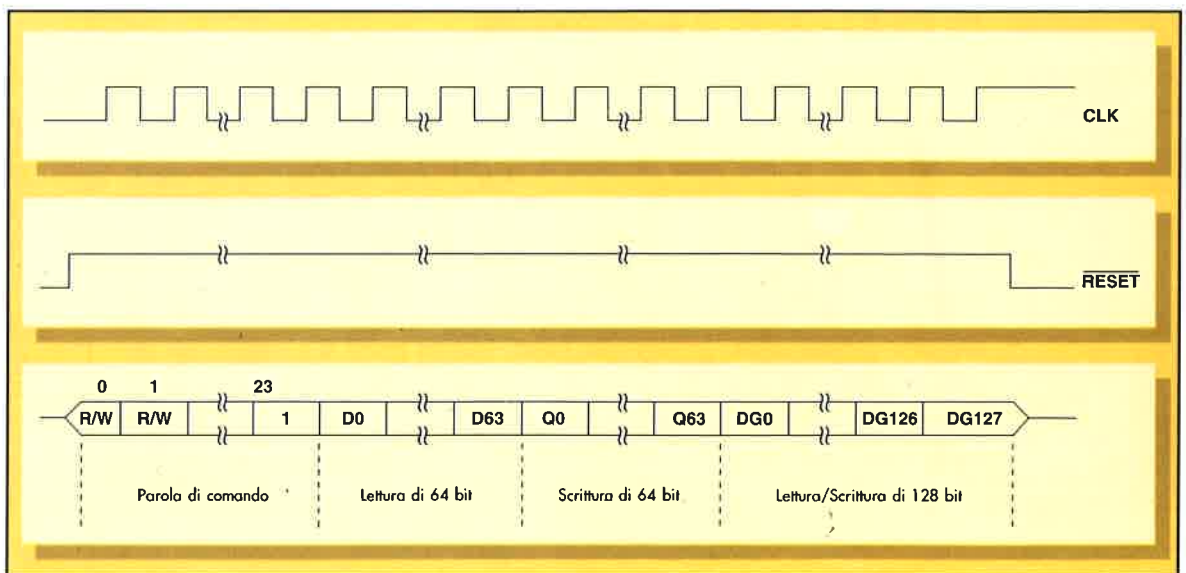
Nel capitolo precedente era stato proposto un circuito per proteggere i programmi da eventuali intromissioni di utenti non autorizzati; di seguito verrà descritto il software necessario per il controllo di questo circuito.

La prima cosa da fare è quella di localizzare sulla parte posteriore del PC il connettore relativo alla porta parallela da utilizzare per inserire la chiave di protezione. Se il PC è dotato di più porte parallele, la chiave può essere installata in una qualsiasi di queste, in quanto il programma è in grado di rilevarla direttamente: in qualsiasi caso, questa porta è costituita da un connettore femmina a 25 terminali. A questo deve essere connesso il connettore maschio a 25 terminali del circuito; è opportuno evitare qualsiasi confusione, poiché il connettore maschio a 25 terminali presente sul

Per collegare la chiave di protezione bisogna localizzare sulla parte posteriore del computer il connettore della porta parallela

Dopo aver installato il DS1024, è possibile inserire la chiave temporizzata nel previsto contenitore

Se il programma non trova la chiave genera un messaggio richiedendo una verifica del suo collegamento

computer è normalmente destinato alla porta seriale RS232, che non deve essere utilizzata per la chiave di protezione. Se la porta parallela prescelta è già destinata per la stampante, è necessario scollegare il cavo parallelo di collegamento di quest'ultima, collegare il connettore maschio del circuito al connettore femmina della porta parallela, e collegare il cavo della stampante al connettore femmina del circuito.
Il programma dimostrativo fornito con il dischetto può essere utilizzato in due modi diversi: eseguendo il file DEMO.COM oppure, con un interprete BASIC, caricando ed eseguendo il file DEMO.BAS. I due programmi svolgono le stesse funzioni, ed è quindi a discrezione esclusiva dell'utente utilizzare uno o l'altro. Quando il programma viene avviato, al centro dello schermo appare un messaggio che indica il protocollo standard del dispositivo collegato e l'indirizzo esadecimale della porta parallela alla quale è collegato; per accedere al programma dimostrativo bisogna premere un tasto qualsiasi. Se il programma non riesce a localizzare correttamente la chiave genera un messaggio con il quale richiede di verificare il collegamento; se effettivamente il circuito non è installato, l'unica cosa da fare è premere un tasto qualsiasi e scegliere l'opzione 0 per uscire dal programma.
Quando il programma rileva correttamente la presenza della chiave e visualizza il menù di

Diagramma temporale del trasferimento dei dati in un dispositivo operante in modalità normale

lavoro, è possibile iniziare le esercitazioni con le possibili opzioni presenti; prima di procedere è però opportuno chiarire alcune condizioni.

I circuiti DS1204 e DS1207 sono dotati di tre partizioni separate di memoria non volatile. Il primo segmento di 8 byte contiene un'informazione "pubblica" che può essere letta senza che sia necessario conoscere il Codice di Accesso o password. Questa informazione non serve solo per consentire o negare l'accesso ad un programma, ma può anche diventare utile al programmatore per identificare una chiave prima di procedere a leggere e scrivere i dati.

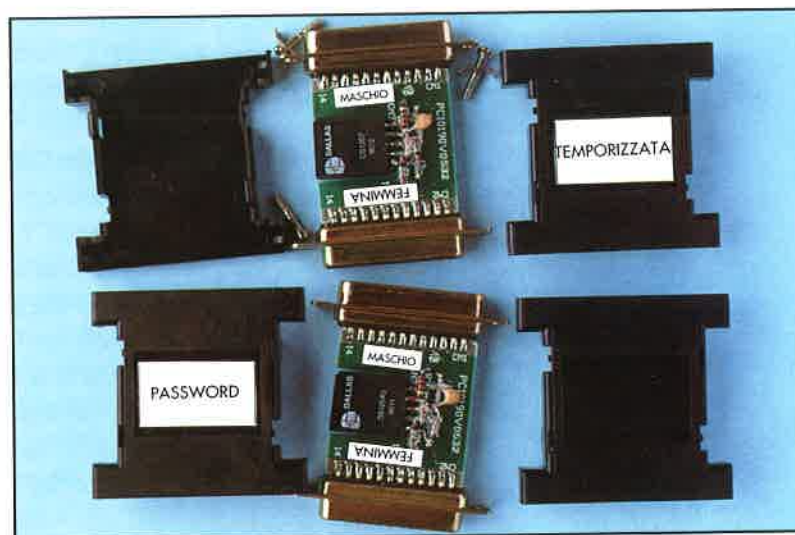
La seconda partizione è speciale, e in essa è possibile memorizzare una chiave di 8 byte che rappresenta il Codice di Accesso. Dopo che la chiave è stata programmata, i dati possono essere letti o scritti nella partizione di sicurezza, che verrà descritta successivamente, solo tramite l'immissione di un Codice di Accesso che deve coincidere esattamente con quello memorizzato nella partizione della parola relativa al Codice di Accesso. Questo consente di eseguire copie della chiave, ma non di leggere i dati della partizione di sicurezza in quanto, come si vedrà in seguito, una sua riprogrammazione provoca come conseguenza immediata la cancellazione automatica dei Dati della terza partizione di sicurezza.

Il terzo segmento di memoria da 16 byte (48 nel caso della chiave temporizzata), è assegnato al Dato di Sicurezza. Questi dati di sicurezza possono essere letti esclusivamente se in precedenza si è immesso correttamente il Codice di Accesso, vale a dire se la Password scritta coincide esattamente con quella programmata. Il Dato di Sicurezza è l'informazione segreta che viene letta per determinare se concedere l'accesso al programma protetto. Per leggere questi dati è necessario che il Codice di Accesso inviato alla chiave coincida con quello programmato in precedenza; se così non fosse, un tentativo di lettura dei Dati di Sicurezza provoca la generazione da parte della chiave di una serie di dati aleatori. Questa condizione serve per aumentare la sicurezza del dispositivo.

Come programmare la chiave

Poiché quando si acquista il chip (DS1204 o DS1207) non si conosce il suo Codice di Accesso, e non vi è modo di verificarlo, è necessario riprogrammare completamente la chiave in modo da definire le informazioni necessarie relative alle tre ripartizioni della memoria. Di conseguenza, la prima operazione richiede la selezione dell'opzione 5 del menu. Questa opzione consente l'esecuzione di due funzioni fondamentali: una serve per registrare la nuova Chiave di Identificazione e il Codice di Accesso, mentre l'altra per scrivere il nuovo Dato di Sicurezza. Quando si sceglie questa opzione il programma richiede all'utente di immettere gli otto (o meno) byte relativi alla Chiave di Identificazione. Dopo aver confermato il dato premendo il tasto Enter, il programma richiede l'introduzione del Codice di Accesso, che può essere formato da otto o da un numero inferiore di byte, anche se lo spazio riservato tra parentesi è il massimo concesso. É molto importante ricordarsi questo codice, magari scrivendolo da qualche parte, poiché successivamente sarà il solo strumento che permetterà di leggere il Dato di Sicurezza. A questo punto il programma richiede l'immissione del Dato di Sicurezza che si desidera registrare nella chiave. Se si sta utilizzando la chiave DS1204 non si devono digitare

I circuiti DS1204 e DS1207 hanno tre partizioni separate di memoria non volatile

Aspetto finale dei circuiti prima del loro inserimento nei rispettivi contenitori

Per controllare quello che è stato scritto bisogna scegliere l'opzione tre del menu principale

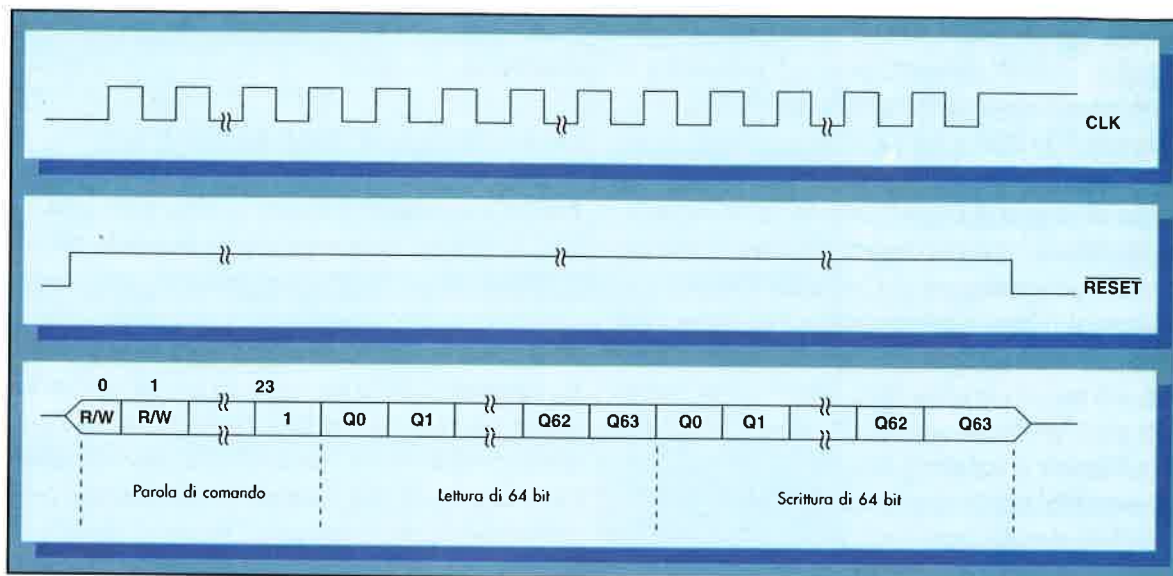



Diagramma temporale del funzionamento in modalità programmata del chip DS1204

più di 16 caratteri; questo spazio è riservato tra parentesi, e il dato deve essere confermato premendo il tasto Enter. Se si utilizza la chiave DS1207, quella temporizzata, si possono digitare fino a 48 caratteri. Questa opzione può essere eseguita tutte le volte che si crede necessario, sia come esercitazione per l'utente, sia nel caso si sia dimenticato il Codice di Accesso. Per verificare quanto si è scritto bisogna selezionare l'opzione numero tre nel menu principale.

Vista della chiave DS1204 completa

La scrittura della chiave corrisponde a un trasferimento di dati con il quale il programma invia 3 byte di controllo per il Registro dei Comandi, legge gli 8 bit della Chiave di Identificazione, e invia gli 8 byte del Codice di Accesso a fronte dei quali, se sono corretti, la chiave risponde con i 16 o 48 byte (dipende dal tipo di chip utilizzato, DS1204 o DS1207) del Dato di Sicurezza. Questo Dato restituito dalla chiave è corretto solamente se il Codice di Accesso inviato in precedenza è corretto; in caso contrario, questi 16 o 48 byte vengono generati con dei valori completamente casuali. Per programmare un nuovo gruppo di byte per il Dato di Sicurezza è possibile selezionare l'opzione numero quattro; in questo caso il programma invia il Codice di Accesso immesso con l'opzione 2. Se non si è ancora utilizzata questa opzione si può verificare, con l'opzione tre, che il Dato di Sicurezza restituito non è corretto, in quanto si è inviata una Password erronea.

A questo punto si devono riprogrammare tutti i dati utilizzando l'opzione cinque, e successivamente verificare con l'opzione tre che tutto sia stato eseguito correttamente. Successivamente si deve selezionare l'opzione 2 e introdurre una chiave diversa; cercando di leggere la chiave con l'opzione tre, si ottiene un Dato di Sicurezza aleatorio che non corrisponde al dato programmato in precedenza. Se si prova a programmare con l'opzione 4 un Dato di Sicurezza diverso da

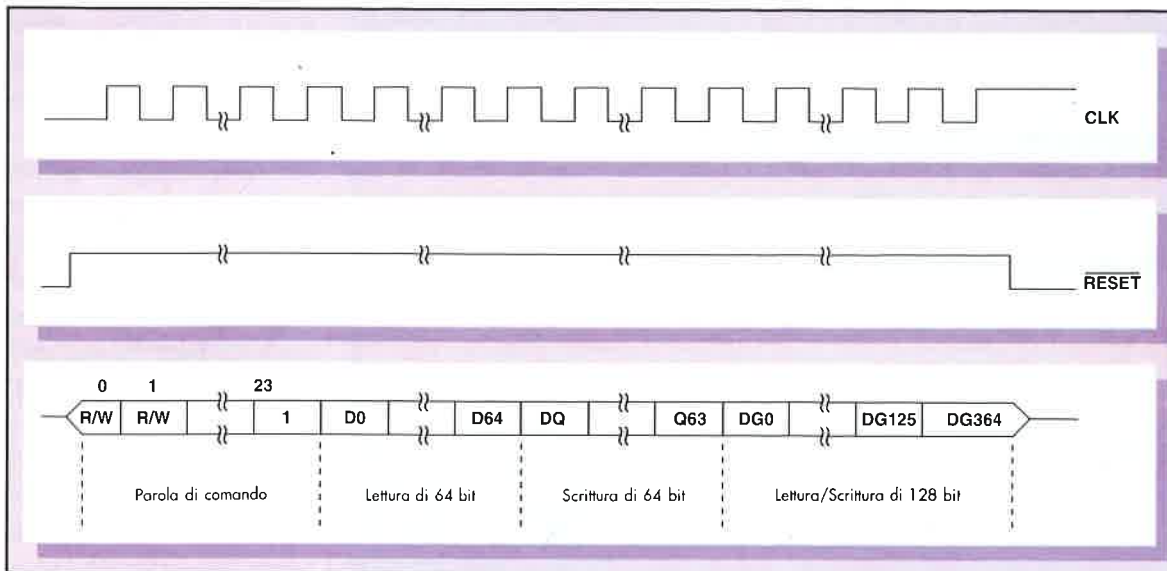



Diagramma temporale del funzionamento in modalità normale del chip DS1207

Il numero dei giorni rimanenti può essere impostato tramite software, ma ciò non vale per la frazione di giorno

quello memorizzato non si avrà nessun risultato. Per verificare questa opzione bisogna scrivere la chiave di accesso corretta (opzione due) e leggere il tutto con l'opzione tre, controllando che il Dato di Sicurezza resti inalterato.

LA CHIAVE TEMPORIZZATA (DS1207)

Come si può osservare nel menu principale, a partire dalla numero 6 le opzioni sono tutte riferite alla chiave temporizzata. Questa chiave può essere programmata in modo che il periodo di abilitazione cessi dopo 512 giorni; inoltre, contiene due registri di temporizzazione separati, uno per il conteggio dei giorni che restano e l'altro per il conteggio della frazione (o la parte) di giorno. Il numero dei giorni rimanenti può essere selezionato tramite software, ma non la frazione di giorno. La somma di entrambi, numero dei giorni e frazione di giorno, corrisponde al tempo totale di abilitazione della chiave. Per poter conoscere il tempo rimanente bisogna eseguire l'opzione 6 del menu principale; se non si sono ancora effettuate modifiche la lettura corrisponde a quella impostata dal costruttore. In nessun caso però, può essere superiore a 512 giorni più la frazione corrispondente di un giorno. Il chip esce dalla fabbrica con il clock del temporizzatore bloccato, per cui il valore preimpostato non cambia.
Per riprogrammare un nuovo valore del numero dei giorni si può eseguire l'opzione 7 del programma. Se ad esempio si immette un valore pari a 100 giorni, e si esegue di seguito l'opzione 6, può capitare che la lettura fornisca un totale di quasi 101 giorni, corrispondenti ai 100 giorni che si sono programmati più la parte relativa alla frazione di giorno.
Dopo che si è programmato il numero dei giorni si può sbloccare l'oscillatore, che non si attiva direttamente ma è predisposto per innescarsi alla successiva operazione di lettura. Si può quindi

Vista della chiave temporizzata completa

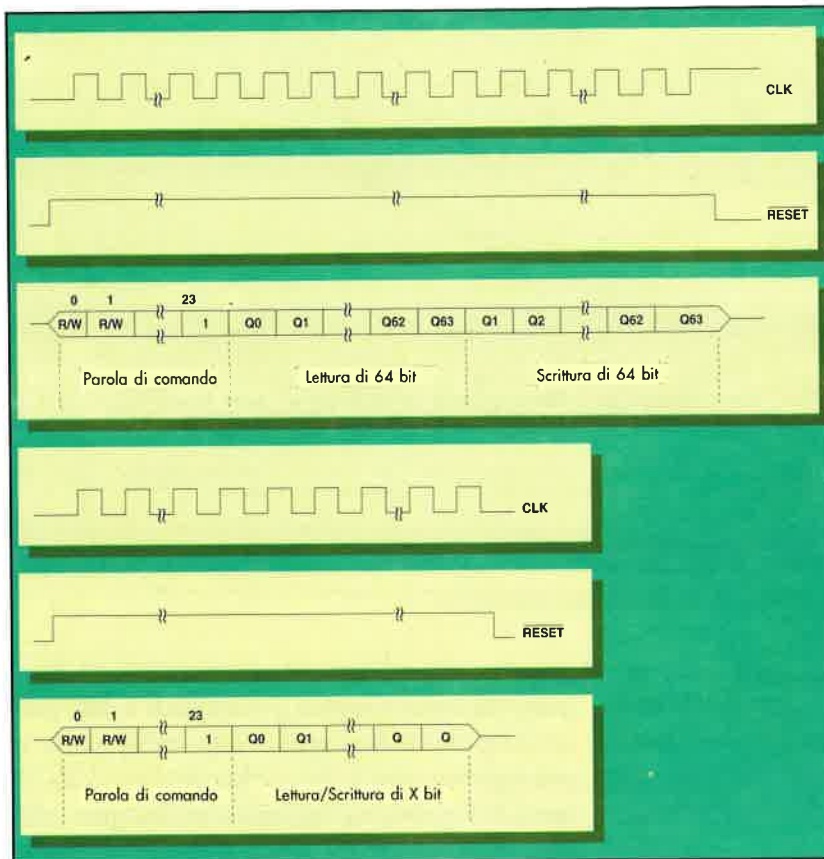



Diagramma temporale del funzionamento in modalità programmata di un dispositivo DS1207

eseguire l'opzione 6 per leggere il tempo rimanente, e avviare in questo modo il contatore interno che comincia a scalare il tempo memorizzato. Per arrestare il clock si deve eseguire l'opzione 8, che interrompe il conteggio del temporizzatore. Questa operazione ha sulla chiave un effetto permanente, per cui si raccomanda di non eseguirla inavvertitamente; per evitare possibili errori il programma richiede sempre all'utente di confermare la richiesta di arresto del conteggio. L'opzione 9 invece, serve per innescare nuovamente l'oscillatore. Per verificare il funzionamento del temporizzatore bisogna impostare il numero dei giorni a zero con l'opzione 7 e, se non lo si è fatto in precedenza, innescare l'oscillatore. Per verificare che il clock è in funzione si deve effettuare una lettura con l'opzione 6. Nel caso tutto risulti corretto, si deve verificare che il numero dei giorni mancanti corrisponda a zero; ciò però non vuol dire che l'oscillatore è fermo, perché deve arrivare a zero anche la frazione di giorno non programmata. Di conseguenza bisogna uscire dal programma e spegnere il computer, se non si devono eseguire altri lavori poiché, come già detto, il clock resta in funzione anche se il calcolatore è scollegato dalla tensione di rete; dopo alcune ore di attesa si può rientrare nuovamente nel programma e selezionare l'opzione 6 per leggere il tempo che ancora deve trascorrere prima che il contatore si azzeri. Nel momento in cui questo arriva al valore zero, viene generato un comando generale che blocca tutto il dispositivo; si può facilmente verificare che scrivendo un nuovo gruppo di Dati di Sicurezza non si ottiene alcun effetto. Se si prova a riprogrammare la Chiave di Identificazione con l'opzione 5 si può osservare che, indipendentemente da quanto scritto, sono stati resettati anche l'Identificazione, il Codice di Accesso e il Dato di Sicurezza. Se la chiave non è completamente bloccata è possibile riprogrammare il numero dei giorni restanti e gli altri dati. Se, al

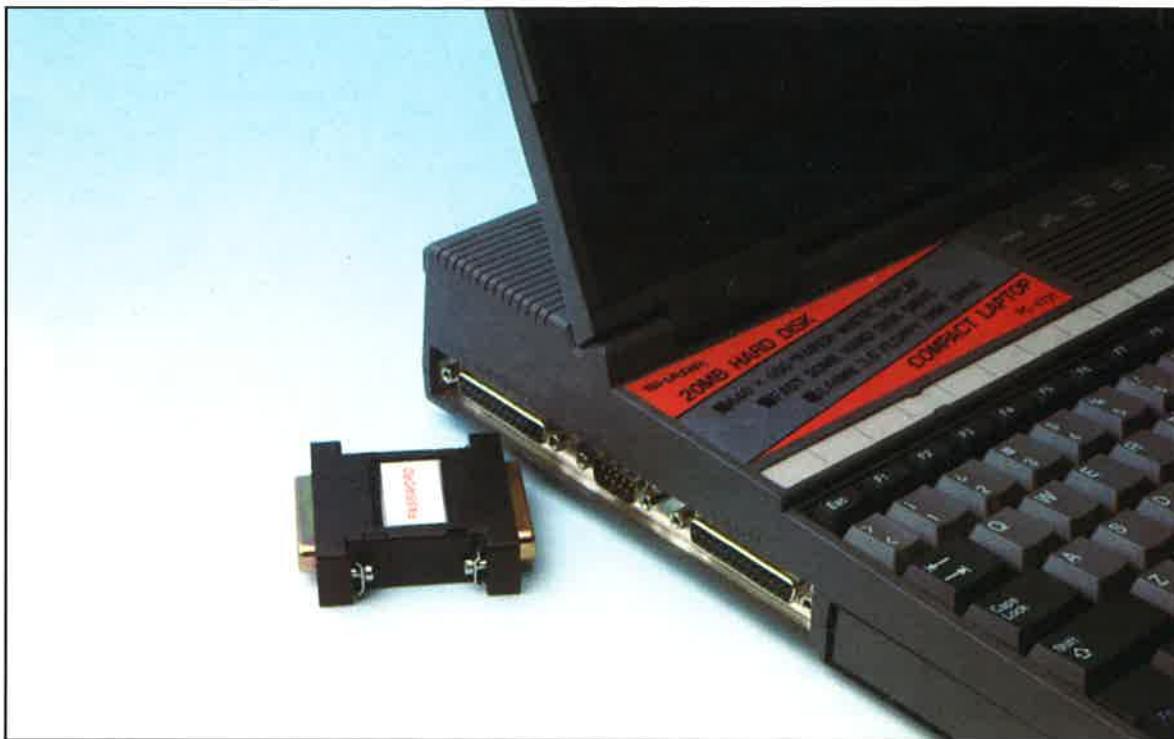
Le due chiavi pronte per essere applicate alla porta Centronics del PC

contrario, è stato generato il comando di blocco, la chiave risulta inaccessibile alla scrittura, e il clock prosegue sottraendo i giorni rimanenti; questo valore può essere solo letto per sapere quanto manca al termine del conteggio.

TECNICHE DI PROTEZIONE

Sia la chiave hardware che il software di controllo possono essere facilmente gestiti da qualsiasi programmatore poiché sono stati strutturati appositamente per rendere semplice la loro integrazione nei programmi che si vogliono proteggere da utenti non autorizzati. Questa realizzazione può essere infatti considerata come un vero e proprio strumento di lavoro. Il software dimostrativo è stato scritto con diversi linguaggi di programmazione, di cui sono forniti i relativi file sorgenti, proprio per favorire il prelievo e l'inserimento delle routine e subroutine nei propri programmi applicativi. Il programma CHIAVE.BAS, scritto in linguaggio BASIC, rappresenta un tipico esempio del modo in cui è possibile proteggere un applicativo; la sua struttura verrà però esaminata successivamente. Di seguito vengono forniti alcuni suggerimenti per facilitare lo sviluppo di un codice affidabile che incrementi al massimo la sicurezza dei propri programmi. La prima regola è quella di verificare più volte la coincidenza tra i codici inseriti nel programma applicativo che si vuole proteggere e quelli scritti nella chiave di protezione; per fare ciò è opportuno eseguire degli step di programma per controllare se i codici immessi vengono accettati. Queste operazioni di lettura e scrittura hanno una loro ragione di essere: la sicurezza. Il metodo più semplice per verificare se un chip temporizzato ha raggiunto il termine del conteggio previsto, e perciò è "scaduto", è quello di riprovare a scrivere un nuovo Dato di Sicurezza seguito da una lettura. Se questa restituisce la vecchia informazione allora si può considerare la chiave "scaduta". Per rendere le cose ancora più difficili a chi voglia forzare la protezione cercando di leggere il Codice di Accesso e il Dato di Sicurezza con un analizzatore logico, è possibile camuffare la lettura dei dati corretti all'interno di un gruppo di dati casuali, in quanto la chiave restituisce un dato aleatorio quando viene digitato un Codice di Accesso falso. In questo modo diventa molto difficile distinguere la lettura valida tra tutte quelle effettuate. Per aumentare il livello di sicurezza è possibile inserire le routine di protezione non solo all'inizio del programma che si vuole proteggere, ma anche in altre posizioni casuali, poiché la presenza di un numero maggiore di trappole nel programma rende molto più difficile la sprotezione dello stesso. Per complicare la vita a coloro che vogliano utilizzare il comando debug del DOS per cercare di sproteggere il programma, è possibile fare in modo che la subroutine di comunicazione rimanga memorizzata solamente per il tempo necessario alla sua lettura. Se si seguono questi consigli la probabilità di poter manomettere la chiave e saltare la protezione diventa molto bassa, anche se tutti sanno che nessun metodo conosciuto garantisce la sicurezza assoluta. Una accurata e creativa pianificazione da parte del programmatore può fornire un alto livello di sicurezza per proteggere opportunamente il proprio lavoro e investimento.

Dimensioni di un chip di protezione

Il metodo più efficace per verificare se un chip è difettoso è quello di riprovare a scrivere un nuovo Dato di Sicurezza seguito da una lettura

Le chiavi possono proteggere qualsiasi programma in grado di funzionare su di un elaboratore, compresi i portatili

IL FILE CHIAVE.BAS

Questo file contiene un programma scritto in linguaggio BASIC e protetto per mezzo di alcune delle subroutine contenute nel programma DEMO.BAS. Nell'intestazione del file sono dichiarate tre variabili: l'Identificazione, il Codice di Accesso e il Dato di Sicurezza. Per ottenere un funzionamento corretto la chiave deve essere programmata con gli stessi dati con cui si sono dichiarate queste variabili; a tal fine bisogna eseguire il programma DEMO.COM per inserire i codici corretti nella chiave. Se si utilizzano chiavi già programmate invece, bisogna modificare opportunamente i valori delle suddette variabili nel file CHIAVE.BAS. In questo programma la verifica della coincidenza dei codici viene effettuata una sola volta all'inizio. In caso affermativo il programma prosegue, mentre se vengono inseriti codici errati o non viene trovata la chiave vengono generati diversi messaggi di errore. Questi messaggi, *chiave trovata...*, *protocollo...*, ecc., servono solamente per esercitarsi con i sistemi di protezione; infatti, è molto semplice eludere questa chiave di protezione, poiché è sufficiente eseguire il programma direttamente dal BASIC partendo dalla linea 340. Saltare la protezione risulta leggermente più complesso se il programma è compilato, oppure se è già stata eseguita una selezione del menu di protezione; queste prove vengono però lasciate al lettore in modo che possa esercitarsi praticamente sui metodi di protezione di un programma. Per semplificare queste prove e il loro studio si consiglia di inserire nel programma che si vuole proteggere non tutte le routine di protezione ma solo delle chiamate alle stesse. In questo modo non si modifica sostanzialmente il listato sorgente, ed è possibile studiare le posizioni più opportune per inserirle.

L'intestazione del file DEMO.BAS contiene la dichiarazione di tre variabili: l'Identificazione, il Codice di Accesso e il Dato di Sicurezza

Anche i messaggi di aiuto di cui è dotato il programma possono essere gestiti in modo personalizzato; ad esempio, è possibile fare in modo che questi compaiano solamente quando la chiave non è inserita nella porta Centronics oppure quando i codici non coincidono. Un altro modo per studiare e addentrarsi nelle tecniche di protezione potrebbe essere quello di sostituire il chip DS1204 della chiave con il DS1207 (quello temporizzato). Con quest'ultimo l'utente può fare in modo che il calcolatore funzioni solamente per alcuni giorni, al termine dei quali appare il messaggio di blocco che indica la fine dell'intervallo di tempo programmato.